



УДК 621.311:568.264

И.А. Немировский, к.т.н.,
И.М. Овсянникова, аспирант
Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕТРАДИЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ

Введение. Дефицит и подорожание органического топлива, а также резкое ухудшение экологической обстановки вынуждает искать новые технологии теплоснабжения на базе альтернативных источников энергии.

Рациональное использование топливно-энергетических ресурсов – одна из важнейших мировых задач, удачное решение которой будет иметь определяющий вес, как для дальнейшего развития общества, так и для сохранения его среды обитания. Применение энергосберегающих технологий, использующих нетрадиционные возобновляемые источники энергии (НВИЭ), может оказаться перспективным путем решения такой задачи. Преимущества технологий теплоснабжения, которые используют НВИЭ, в сравнении с традиционными, связаны со значительным снижением потерь энергии в системах энергоснабжения зданий, их экологичностью, с возможностью повышения степени автономности для систем жизнеобеспечения.

Технология использования солнечной энергии для получения низкопотенциального тепла стала широко применяться во многих странах. Преобразование солнечного излучения в тепловую энергию при помощи солнечных коллекторов на нужды энергообеспечения становится обычной практикой для многих стран.

Степень разработанности проблемы. Перспективные возможности практического использования НВИЭ (солнечной, ветровой, геотермальной, энергии моря и др.) представляют для Украины особый интерес. Наибольшие перспективы для Украины имеет развитие солнечной и ветровой энергетики [1, 2, 3, 4].

В Украине солнечные водонагревательные установки пока что используются лишь в отдельных районах, преимущественно в санаторно-курортном, отельном, частном жилом секторах. Вместе с тем, быстрый рост цен и тарифов на топливо и энергию создает благоприятные условия для ускоренного развития отечественного рынка солнечных установок.

Рассмотренная Кабинетом Министров Украины 15 марта 2006г «Энергетична стратегія України на період до 2030 року» [5] предусматривает сокращение зависимости от импорта энергоносителей с 54,8 % до 11,7 %. При этом планируется ограничение импорта природного газа, переход на электротопление и значительное увеличение части угля, а также атомной энергетики в общем топливно-энергетическом балансе страны. Это может дать новый толчок к использованию электрической энергии для теплообеспечения зданий.

Цель исследования – оценить возможность применения солнечной энергии на цели ГВ в неотапливаемый сезон для Украины в совокупности с электроподогревом воды в зимний период, когда использование геотермальной установки не эффективно. Просчитать срок окупаемости автономной системы ГВ. Провести оценку такой системы для различных ценовых категорий на природный газ в сравнении с ГВ от городской централизованной котельной.

Основной материал. Объект энергоснабжения – 9-ти этажный жилой дом общей площадью 1211,4 м². Количество жильцов – 288. Дом размещен в Купянском районе Харьковской области на широте 49° с. ш.

Необходимо определить имеющееся количество солнечной радиации и требуемую площадь гелиополя, необходимую для покрытия тепловой нагрузки на ГВ.

Среднемесячное дневное количество суммарной солнечной энергии, которая попадает на гелиоколлектор, Вт·час/м²·сут:

$$E_K = \bar{R} \cdot \bar{E}, \quad (1)$$

где \bar{R} - отношение среднемесячных дневных количеств солнечной радиации, поступающих на наклонную и горизонтальную поверхности;

\bar{E} - среднее дневное количество суммарной солнечной энергии, которая поступает на горизонтальную поверхность, Вт·ч/м²·сут.

Для поверхности с южной ориентацией:

$$\bar{R} = \left(1 - \frac{\bar{E}_d}{\bar{E}}\right) \cdot R_{\Pi} + \frac{1 + \cos \beta}{2} \cdot \frac{\bar{E}_d}{\bar{E}} + \rho \frac{1 - \cos \beta}{2}, \quad (2)$$

где \bar{E}_d - среднемесячное дневное количество диффузионного (рассеянного) излучения, Вт·ч/м²·сут;

R_{Π} - коэффициент пересчета прямого излучения с горизонтальной на наклонную поверхность;

ρ - коэффициент отображения для поверхности земли, которая равняется 0,7 для зимы и 0,2 для лета.

Коэффициент пересчета прямого излучения с горизонтальной на наклонную поверхность:

$$R_{\Pi} = \frac{\cos(\varphi - \beta) \cdot \cos \delta \cdot \sin \omega_3 + \frac{\pi}{180} \cdot \omega_3' \cdot \sin(\varphi - \beta) \cdot \sin \delta}{\cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \sin \omega_3 + \frac{\pi}{180} \cdot \omega_3 \cdot \sin \varphi \cdot \sin \delta}, \quad (3)$$

где φ - широта местности;

δ - угол склонения солнца;

ω_3 - часовой угол захода солнца на горизонтальной поверхности;

ω_3' - часовой угол захода солнца на наклонной поверхности.

Угол склона солнца:

$$\delta = 23,45 \cdot \sin\left(360 \cdot \frac{284 + d}{365}\right), \quad (4)$$

где d – порядковый номер дня в году.

Часовой угол захода солнца на горизонтальной поверхности:

$$\omega_3 = \arccos(-\operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} \delta). \quad (5)$$

Часовой угол захода солнца на наклонной поверхности:

$$\omega_3' = \min\{\omega_3; \arccos(-\operatorname{tg}(\varphi - \beta) \cdot \operatorname{tg} \delta)\}. \quad (6)$$

Необходимая площадь гелиополя, м²:

$$F_{\text{з.п.}} = \frac{Q_{\text{тр}}}{E_{\text{к}}}, \quad (7)$$

где $Q_{\text{тр}}$ – требуемое количество тепла.

С учетом потерь лучистой энергии в основном на лучепропускающих ограждениях реальная площадь гелиополя увеличивается на величину КПД коллектора:

$$F_{\text{п.з.п.}} = \frac{Q_{\text{тр}}}{E_{\text{к}} \cdot \eta_{\text{к}}}, \quad (8)$$

где $\eta_{\text{к}}$ – КПД коллектора, $\eta_{\text{к}} = 0,85 - 0,9$.

По уравнению теплового баланса требуемое количество тепла определяется как:

$$Q_{\text{тр}} = c \cdot G_{\text{зв}} \cdot (t_{\text{зв}} - t_{\text{хв}}) \cdot n, \quad (9)$$

где $G_{\text{зв}}$ – расход горячей воды, 100 л/сут на человека;

$t_{\text{зв}}$ – температура горячей воды, °С;

$t_{\text{хв}}$ – температура холодной воды; для лета $t_{\text{хв}} = 15^{\circ}\text{C}$, для зимы $t_{\text{хв}} = 5^{\circ}\text{C}$;

n – количество людей, которые проживают на объекте.

В таблице 2 приведены результаты расчетов теплопоступлений на коллектор по формулам (1 – 6), размещенный под углом 30° к горизонту, по месяцам. Можно видеть, что неравномерность солнечного излучения не дает возможности полноценного использования этого источника круглый год в Украине.

Наибольшее количество теплопоступлений на гелиоколлектор приходится на летний период с апреля по сентябрь. В этот период и будет производиться нагрев воды от НВИЭ. Для месяца с наименьшим количеством солнечного излучения – апрель, по формулам (7-9) определена реальная площадь гелиополя для покрытия суточной нагрузки на ГВ всего дома. Все результаты занесены в таблицу 1.

В остальной период с октября по март для покрытия той же тепловой нагрузки предусмотрен автономный электродкотел, размещенный в каждой квартире дома.

Таблица 1

Результаты расчетов

Параметр	Значение
Расход горячей воды на дом в сутки, л	28800
Температура горячей воды, °С	55
Требуемое количество тепла, МДж/м ² ·сут	14,96
Реальная площадь гелиополя, м ²	371

Таблица 2

Расчет теплоступлений на коллектор, размещенный под углом 30° к горизонту

Величина	Угол скло- нения солн- ца, град	Часо- вой угол захода солн- ца на гори- зон- таль- ной по- верх- ности, град	$\text{Arcos}\{-\text{tg}(\varphi-\beta)\cdot\text{tg}\delta\}$, град	Часо- вой угол захода солн- ца на гори- зон- таль- ной по- верх- ности, град	Кэф- фици- ент пе- ресчета прямого излуче- ния с горизон- тальной на на- клон- ную по- верх- ность	Отношение среднеме- сячных дневных количеств солнечной радиации, поступаю- щих на на- клонную и горизон- тальную по- верхности	Среднеме- сячное днев- ное количе- ство суммар- ной солнеч- ной энергии, которая по- падает на ге- лиоколлек- тор, $\text{Вт}\cdot\text{час}/\text{м}^2\cdot\text{сут}$
Обозна- чение	δ	ω_3		ω_3'	R_{Π}	R	E_K
Январь	-20,87	89,39	91,31	89,4	3,16	1,55	1336,80
Февраль	-13,38	91,04	85,82	85,82	2,09	1,39	2076,80
Март	-2,46	88,51	95,81	88,51	1,48	1,38	3768,22
Апрель	9,42	89,57	84,40	84,40	1,17	1,07	4156,37
Май	18,75	92,57	77,10	77,10	1,23	1,13	5917,32
Июнь	23,07	66,27	108,19	66,27	1,23	1,10	5732,92
Июль	21,14	85,93	105,94	85,93	0,97	0,97	5518,76
Август	13,38	92,80	87,12	87,12	1,23	1,14	5476,18
Сентябрь	2,10	87,61	90,27	87,61	1,34	1,18	4160,62
Октябрь	-9,74	89,69	94,63	89,69	1,81	1,39	2825,97
Ноябрь	-18,98	88,45	99,56	88,45	1,53	1,16	955,52
Декабрь	-23,08	115,95	92,64	92,64	2,35	1,31	778,77

Также определен срок окупаемости автономного обеспечения горячей водой здания от гелиосистемы – в летнее время, и от электродотла – в зимнее. За критерий были взяты це-
ны теплоснабжения при централизованном обеспечении от городской котельной.

Цена 1 м² гелиоколлектора с учетом всех необходимых материалов, монтажных работ составляет 2,5 тыс грн.

Для определения мощности каждого электродотла необходимо рассчитать поквартир-
ную нагрузку на ГВ - $Q_{\text{ГВкв}}$, с учетом того, что в среднем в квартире проживает по 3 челове-
ка. Для нахождения данного показателя можно использовать формулу (9). Таким образом,

$$Q_{\text{ГВкв}} = 62,85 \text{ МДж}/\text{сут}.$$

В рассматриваемом жилом доме - 96 квартир. Общая нагрузка на дом $Q_{\text{ГВдом}}$ в зимнее
время будет больше, чем соответствующий показатель зимой из-за разности температур хо-
лодной воды в летнее и зимнее время.

$$Q_{\text{ГВдом зим}} = 6 \text{ 033,6 МДж}/\text{сут}.$$

Для покрытия поквартирной нагрузки достаточно электродотла мощностью 2 кВт.
Цена котла указанной мощности составляет 1000 грн с учетом всех необходимых материалов
и монтажа на каждую квартиру.

Если летом жители данного дома не оплачивают стоимость горячей воды, то в зимний период необходимо платить за электроэнергию, которая потрачена на подогрев, в соответствие с установленным тарифом [6].

Проведенный обзор литературы показал, что для семьи, состоящей из трех человек достаточно 120 л горячей воды в сутки [7]. Для нагрева такого количества воды для бойлера мощностью 2кВт понадобится 3,5 часа, и с учетом до-нагрева в течение дня – 4 часа.

Среднее месячное потребление электрической энергии на нужды подогрева при суточном – 8 кВтч составит 240 кВтч.

Результаты всех расчетов занесены в таблицу 3.

Таблица 3

Затраты на обеспечение и функционирование автономной системы ГВ

	Цена	Количество	Сумма,грн
Капитальные затраты			
Гелиоколлектор	2500 грн/м ²	371 м ²	927 500
Электробойлер	1000 грн/шт	96 шт	96 000
Итого на дом			1 023 500
Итого на квартиру			10 661,50
Текущие затраты			
Оплата за электроэнергию с квартиры в месяц	0,2436 грн/кВтч	240 кВтч	58,46
Оплата за электроэнергию с дома в месяц	0,2436 грн/кВтч	240 кВтч× 96 квартир	5 612,54
Оплата за электроэнергию с дома за период октябрь-март	0,2436 грн/кВтч	240 кВтч× 96 квартир× 6 мес	33 675,26

Для сравнения двух вариантов ГВ – автономное и централизованное, определена плата за электроэнергию, потраченную на подогрев воды в первом случае. Также необходимо определить соответствующую величину в случае централизованного обеспечения.

Согласно постановлению [8] оплата за горячее водоснабжение осуществляется исходя из нормативного потребления воды, которое составляет 100 л на человека в сутки. Также стоит отметить, что централизованным ГВ потребитель пользуется весь год и оплата начисляется соответственно за 12 месяцев.

Исходя из этого в таблице 4 представлены результаты расчетов затрат жителей рассматриваемого объекта за ГВ от централизованной городской системы.

Таблица 4

Затраты на оплату ГВ при централизованном обеспечении

	Цена	Количество	Сумма,грн
Оплата за ГВ с одной квартиры в месяц	11,56 грн/м ³	9 м ³	104,04
Оплата за ГВ с дома в месяц	11,56 грн/м ³	9м ³ ×96 квартир	9 987,84
Оплата за ГВ с дома за год	11,56 грн/м ³	9м ³ ×96 квартир× 12 мес	119 854,08

Исходя из результатов таблиц 3 и 4, экономия потребителей за оплату ГВ в случае использования нетрадиционной системы составит: 86 178,82 грн ежегодно, при условии, что цена за природный газ не будет увеличиваться. Экономия на каждую квартиру – 897,70 грн/год.

Срок окупаемости системы теплоснабжения при такой экономии составит:

$$T_{ок} = \frac{K}{\mathcal{E}}, \quad (10)$$

где K – объем капитальных затрат для системы теплоснабжения, грн;
 \mathcal{E} – экономия от внедрения данной системы ГВ, грн.

Срок окупаемости составит $T_{ок} = 11$ лет.

Выше указанный срок окупаемости имеет место при цене за природный газ для промышленных предприятий на уровне 874 грн/тыс.м³. Но, учитывая последние события, связанные с установлением новой цены 386 \$/тыс м³, срок окупаемости стоит пересчитать с возможной новой ценой за тепло для потребителей, т.к. вполне ожидаемо и это повышение.

С учетом соотношения старой цены топлива и цены за ГВ возможная стоимость теплоносителя составит $\approx 36,76$ грн/м³.

Тогда таблица 4 будет иметь следующий вид:

Таблица 5

Затраты на оплату ГВ при централизованном обеспечении при новой цене

	Цена	Количество	Сумма,грн
Оплата за ГВ с одной квартиры в месяц	36,76 грн/м ³	9 м ³	330,83
Оплата за ГВ с дома в месяц	36,76 грн/м ³	9м ³ ×96 квартир	31 759,96
Оплата за ГВ с дома за год	36,76 грн/м ³	9м ³ ×96 квартир× 12 мес	381 119,52

Выводы

Сравнительные данные общедомовой, поквартирной экономии потребителей за оплату ГВ при использовании нетрадиционной системы ГВ, а также сроки окупаемости (ф.10) при двух ценовых категориях занесены в сравнительную таблицу 6.

Таблица 6

Сравнительные данные

	Цена за ГВ	
	11,56 грн/м ³	36,76 грн/м ³
Экономия на дом, грн/год	86 178,82	347 444,26
Экономия на квартиру, грн/год	897,70	3 619,21
Срок окупаемости, лет	11	3

Можно видеть, что при новой цене природного газа, применение солнечной энергии на нужды ГВ в совокупности с электроподогревом воды более экономично для бытовых потребителей и может рассматриваться как конкурентоспособное энергосберегающее мероприятие.

Литература

1. Мхитарян Н.М. Энергетика нетрадиционных и возобновляемых источников. Опыт и перспективы. – К.: Наукова думка, 1999. – 320 с.
2. Шидловський А.К., Віхорєв Ю.О., Гінайло В.О. Енергетичні ресурси та потоки – К: УЕЗ, 2003. – 472
3. В.А. Малярєнко, В.В.Соловей, А.И. Яковлев. Возобновляемые энергоресурсы – альтернативное топливо XXI века. // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2005, №10. – С. 18-28.

4. Басок Б.И., Накорчевский А.И., Беляева Т.Г., Чалаев Д.М., Недбайло А.Н., Голуб И.С. Экспериментальный модуль гелиогеотермальной установки для теплоснабжения. // Пром.теплотехника, – 2006, т. 28, №1. С. 69-78.

5. "Енергетична стратегія України на період до 2030 року" від 15 березня 2006 р. /електронний ресурс/
www.kmu.gov.ua

6. Постанова НКРЕ № 926 від 20.07.06 «Про зміну тарифів на електричну енергію, яка відпускається населенню і населеним пунктам, і внесення змін в Порядок застосування тарифів на електроенергію, яка відпускається населенню і населеним пунктам».

7. Михайлова В.М. Опыт определения нагрузок и расхода электрической энергии при разных условиях электрификации быта городского населения. – М., Стройиздат.1980. – 88 с.

8. Постанова Кабінету Міністрів України № 955 від 10.07.2006 р. «Порядок формування тарифів на виробництво, транспортування, постачання теплової енергії та послуги з централізованого опалення і постачання гарячої води»

ВИКОРИСТАННЯ НЕТРАДИЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В СИСТЕМАХ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ

И.А. Немировський, И.М. Овсянникова

Була оцінена можливість використання сонячної енергії на гаряче водопостачання в неопалювальний сезон для України. Також був проведений розрахунок терміну окупності автономної системи теплозабезпечення. Проведена оцінка вигоди такої системи для різних цінових категорій на природний газ в порівнянні з ГВ від міської централізованої котельні.

THE ENERGY SOURCE ALTERNATIVE APPLICATION IN THE ENERGY SUPPLY SYSTEMS

I.A. Nemirovskij, I.M. Ovsianynkova

The energy solar application facility estimation for the purpose of the heat water supply in the un-heating season in the Ukraine is carried out. Also the pay-back term calculation of the autonomous heat supply system is made. More over the benefit estimation of such system for the different cost category of the natural gas is discharged.